

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**К. В. Данова**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**з дисципліни**

**“МЕТОДИ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА  
ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ”**

(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»  
спеціальності «Охорона праці на електричному транспорті»)

**Харків  
ХНУМГ  
2014**

Данова К. В. Конспект лекцій з дисципліни «Методи оцінки небезпечних та шкідливих виробничих факторів» (для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності «Охорона праці на електричному транспорті») / К. В. Данова ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - Х.: ХНУМГ, 2014. – 31 с.

Автор: к.т.н., доц. К.В. Данова

Рецензент: к.т.н., доц. В.І. Заїченко

Рекомендовано кафедрою «Безпека життєдіяльності»,  
протокол № 21 від 22.05.2012 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ .....	4
1. Проведення вимірів .....	4
1.1 Похибки вимірів .....	4
1.2 Засоби вимірів .....	6
2. небезпечні та шкідливі виробничі фактори .....	8
2.1 Оцінка виробничого мікроклімату .....	10
2.2 Оцінка запиленості повітря виробничого приміщення .....	13
2.3 Оцінка загазованості повітря виробничого приміщення .....	15
2.4 Оцінка параметрів виробничого освітлення .....	17
2.5 Оцінка виробничого шуму .....	19
2.5.1 Виробничий інфразвук .....	22
2.5.2 Виробничий ультразвук .....	23
2.6 Оцінка виробничої вібрації .....	23
2.7 Оцінка електромагнітного випромінювання .....	25
Список джерел .....	31

## ВСТУП

Під час виконання людиною трудових обов'язків на неї діє сукупність фізичних, хімічних, біологічних та соціальних чинників, що обумовлюють собою виробниче середовище.

Виробниче середовище забезпечує життєдіяльність під час виконання трудових обов'язків, в тому числі і працездатність, але за певних обставин ці ж чинники можуть являти небезпеку і причиняти шкоду людині. Будь-які реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деякої небезпеки для працюючого, що полягає у можливості захворювання, отримання травми чи іншого ушкодження організму.

Сукупність чинників трудового процесу і виробничого середовища, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків, складають умови праці. На якість умов праці впливає кількість шкідливих та небезпечних чинників, що супроводжують виробничий процес в реальних умовах. Дослідження цих чинників є, безумовно, важливим завданням, тому що це дозволить застосовувати відповідні засоби захисту працюючих від впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів та підвищити рівень безпеки на робочих місцях в цілому.

## 1. ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРІВ

### 1.1. Похибки вимірів

**Вимір** – це процес знаходження якої-небудь фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Вимір – це пізнавальний процес порівняння величини чого-небудь з відомою величиною, прийнятої за одиницю (еталон).

Виміри бувають *статичними*, коли вимірювана величина не змінюється, і *динамічними*, коли вимірювана величина змінюється (наприклад, вимір пульсуючих процесів).

Крім того, виміри розділяються на *прямі* і *непрямі*.

При проведенні *прямих вимірів* шукану величину встановлюють безпосередньо з досліду, при *непрямих* – функціонально від інших величин, визначених прямими вимірами:  $b = f(a)$ , де  $b$  знайдено за допомогою непрямих вимірів,  $a$  – за допомогою прямих вимірів.

Розрізняють **три класи вимірів**.

*Особливо точні* – еталонні виміри з максимально можливою точністю. Цей клас майже не застосовується в звичайних експериментальних дослідженнях.

*Високоточні* – виміри, погрішність яких не повинна перевищувати заданих значень. Цей клас вимірів використовують при деяких найбільш відповідальних експериментах, а також для контрольно-перевірочних вимірів приладів.

*Технічні виміри*, у яких погрішність визначається особливостями засобів виміру. Результати вимірів оцінюють різними показниками.

**Похибка виміру** – це алгебраїчна різниця між дійсним значенням вимірюваної величини  $x_g$  і отриманим при вимірі  $x_i$ :

$$\varepsilon = x_g - x_i .$$

Слід зазначити, що  $x_g$  – це таке значення вимірюваної величини, що свідомо точніше, ніж те, що одержане при вимірі. З деяким допущенням  $x_g$  можна вважати дійсним чи точним значенням величини.

Значення  $\varepsilon$  називають *абсолютною погрішністю виміру*, що виражається в одиницях вимірюваної величини. *Відносна погрішність виміру* ( $\gamma$  %) визначається як:

$$\delta = \pm \frac{\varepsilon}{x_g} \cdot 100 .$$

**Точність виміру** – це ступінь наближення виміру до дійсного значення величини.

**Вірогідність виміру** показує ступінь довіри до результатів виміру, тобто імовірність відхилення виміру від дійсних значень.

Щоб підвищити точність і вірогідність вимірів, необхідно зменшити похибки. Похибки при вимірах виникають унаслідок ряду причин: недосконалості методів і засобів вимірів, недостатньо ретельного проведення досліду, впливу різних зовнішніх факторів у процесі проведення досліду, суб'єктивних особливостей експериментатора й ін. Ці причини є результатом дії багатьох факторів.

**Похибки класифікують на систематичні і випадкові.**

**Систематичні** – це такі похибки вимірів, що при проведенні повторних вимірів залишаються постійними (чи змінюються по відомому закону). Якщо чисельні значення цих погрішностей відомі, їх можна врахувати під час повторних вимірів.

**Випадковими** називають похибки, що виникають випадково при повторному виміру. Значення цих погрішностей не можуть бути виключені як систематичні. Однак при наявності багаторазових повторень за допомогою статистичних методів можна виключити виміри, що найбільше випадково відхиляються.

Різновидом випадкових погрішностей є грубі похибки чи промахи, що істотно перевищують систематичні чи випадкові похибки. Промахи чи грубі похибки викликані, як правило, помилками людини, що робить виміри. Їх легко знайти. У розрахунок ці похибки не приймаються і при обчисленні дійсного результату  $x_g$  їх виключають.

Таким чином, можна записати, що **похибка виміру  $\varepsilon$**  буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 ,$$

де  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – систематичні і випадкові похибки вимірів.

У процесі проведення вимірів важко відокремити систематичні похибки від випадкових. Однак при достатній кількості вимірів усе-таки можна виключити систематичні похибки (помилки). Основна задача вимірів полягає в тім, щоб одержати по можливості результати вимірів з меншими погрішностями. Нижче розглянуті основні принципи і методи усунення систематичних і випадкових помилок.

**Систематичні похибки** можна розділити на *п'ять груп*:

- 1) **інструментальні похибки**, що виникають унаслідок порушень засобів вимірів: додаткових люфтів чи тертя, неточності градуіровочної шкали, зносу і старіння вузлів та деталей засобів виміру і т.п.;
- 2) **установочні похибки**, що виникають через неправильну установку засобів вимірів;
- 3) похибки, що виникають у результаті дії *зовнішнього середовища*: високих температур повітря, магнітних і електричних полів, атмосферного тиску і вологості повітря, вібрації й ін.;
- 4) **суб'єктивні похибки**, що виникають внаслідок індивідуальних фізіологічних, психофізіологічних, антропологічних властивостей людини;
- 5) **похибки методу**. Вони виявляються в результаті необґрунтованого методу вимірів (при різних спрощеннях схем чи функціональних залежностей, відсутності теоретичних обґрунтувань методу вимірів, малій кількості повторюваних вимірів і ін.).

**Систематичні похибки** можуть бути *постійними* чи *перемінними*, що збільшуються чи зменшуються в процес експерименту. Їх обов'язково необхідно виключати. Систематичні помилки (похибки) можуть бути усунуті наступними методами.

Часто від систематичних погрішностей 1-5 груп можна позбутися до початку проведення вимірів шляхом чи регулювання ремонту засобів виміру, ретельної перевірки установки засобів вимірів, усунення небажаних впливів зовнішнього середовища. Одним з ефективних методів усунення систематичних помилок 1-3 груп є виключення їх у процесі експерименту шляхом проведення повторних вимірів величин.

Застосовують також метод заміщення. Він полягає в наступному: при вимірі величини  $x_i$  замість досліджуваного об'єкта встановлюють еталонний, заздалегідь обмірюваний з високою точністю. Різниця у вимірах дозволить знайти погрішність вимірювального засобу.

Якщо все-таки не можна установити значення систематичних похибок, то обмежуються оцінкою їх границь.

**Випадкові похибки.** При проведенні з однаковою старанністю тих чи інших експериментів результати вимірів однієї і тієї ж величини (навіть з урахуванням відомого закону систематичних погрішностей), як правило, відрізняються між собою. Це свідчить про наявність випадкових похибок.

Найбільш типовими причинами промахів є помилки при спостереженнях: неправильний відлік по шкалі вимірювальних приладів, описки (помилки) при записі результатів вимірів і ін. Грубі похибки виникають унаслідок несправності приладів, а також якщо раптово змінилися умов експерименту.

Аналіз випадкових погрішностей ґрунтується на теорії випадкових помилок. Ця теорія дає можливість з визначеною гарантією обчислити дійсне значення й оцінити можливі помилки, по яких судять про значення шуканої величини.

В основі теорії випадкових помилок лежать припущення про те, що при великому числі вимірів випадкові похибки однакової величини, але різного знака, зустрічаються однаково часто; великі похибки зустрічаються рідше, ніж малі, чи імовірність появи похибки зменшується з ростом її величини і т.п. Теорія випадкових помилок дозволяє вирішити дві основні задачі: оцінити точність і надійність виміру при даній кількості вимірів; визначити мінімальну кількість вимірів, що гарантує необхідну (задану) точність і надійність виміру.

## 1.2. Засоби вимірів

Під засобами вимірів розуміють сукупність технічних засобів (ті, які мають нормовані похибки), що подають необхідну інформацію для експерименту.

Засоби вимірів підрозділяють на групи приладів для виміру показників: фізичних, механічних, хімічних властивостей, а також структури матеріалу і виробу.

Поряд з цим можна виділити засоби виміру, що дозволяють безпосередньо визначити досліджуваний показник (наприклад, міцність матеріалів), і виміри, що дають можливість побічно судити про досліджуваний показник (ультразвукові дефектоскопи, що дозволяють оцінити міцність матеріалу по швидкості проходження ультразвуку).

**До засобів вимірів відносять** вимірювальний інструмент, вимірювальні прилади й установки. **Вимірювальні засоби** поділяють на *зразкові* і *технічні*.

*Зразкові засоби* є еталонами. Вони призначені для перевірки *технічних*, тобто робочих, засобів. Зразкові засоби не обов'язково повинні бути точніше робочих, але вони повинні мати велику стабільність і надійність у роботі. Зразкові засоби не застосовують для робочих вимірів. З метою підвищення точності і чутливості вимірів, а також для розширення діапазону вимірів, додатково використовують вимірювальні перетворювачі.

*Вимірювальним приладом* називають засіб виміру, призначений для одержання визначеної інформації про досліджувану величину в зручній для експериментатора формі. У цих приладах вимірювана величина перетворюється в показання чи сигнал. Вимірювальні прилади складаються з двох основних вузлів: сприймаючого сигнал і перетворюючого в показання.

Прилади класифікують по різних ознаках. **По способі відліку значення** вимірюваної величини їх поділяють на що *показують* і *реєструють*.

Найбільше поширення одержали аналогові прилади, що показують, відлікові пристрої яких складаються зі шкали і показчика. Ці прилади дають показання без яких-небудь додаткових операцій експериментатора, однак, вони мають великі похибки, чим цифрові.

Прилади, що реєструють, видають обмірювані значення у виді графіка чи змін табличних значень.

Прилади також класифікують по точності вимірів, стабільності показань, чутливості, межах виміру і т.д.

Вихідний сигнал вимірювальних засобів фіксується відліковими пристроями, що бувають шкальними, цифровими і що реєструють. **Шкала** є важливою частиною приладу. Відстань у міліметрах між двома суміжними оцінками на шкалі називають *довжиною розподілу шкали*. Різниця між значеннями вимірюваної величини, що відповідають початку і кінцю шкали, називають *діапазоном показань приладу*.

**Похибки приладів.** Під **абсолютною погрешністю** вимірювального приладу розуміють:

$$b = \pm(x_u - x_d),$$

де  $x_u$  – показання приладу (номінальне значення вимірюваної величини);

$x_d$  – дійсне значення обмірюваної величини більш точним методом.

Похибка приладу – одна з найважливіших його характеристик. Вона виникає внаслідок ряду причин: неякісних матеріалів, застосовуваних для виготовлення приладів; поганої якості виготовлення приладів; неправильної його експлуатації і т.д. Істотний вплив роблять градування шкали і періодична перевірка приладів.

Крім цих систематичних похибок, виникають випадковим, обумовленим сполученням різних факторів, наприклад, помилками відліку. Таким чином, необхідно розглядати не які-небудь окремі, а сумарні похибки приладів.

Часто для оцінки похибки приладів застосовують **відносну похибку** ( $\gamma$  %):

$$b_{om} = \pm \frac{x_u - x_d}{x_d} \cdot 100.$$

Іноді застосовують поняття **приведеної похибки**:

$$b_{np} = \pm \frac{x_u - x_d}{x_{np}},$$

де  $x_{np}$  – яке-небудь значення шкали вимірювального пристрою (діапазон вимірів), довжина шкали й ін.

Сумарні похибки, установлені за певних умов ( $t_g = 20$  °С, вологість повітря 80 %,  $p = 760$  мм рт. ст.), називають **основними похибками приладу**.

**Діапазоном вимірів** називають ту частину діапазону показань приладу, для якої встановлені похибки приладу. Якщо відомі похибки приладу, то діапазони вимірів і показань приладу збігаються.

**Чутливістю приладу** є здатність пристрою, що відраховує, реагувати на зміни вимірюваної величини. Під порогом чутливості приладу розуміють найменше значення обмірюваної величини, що викликає зміна показання приладу, яку можна зафіксувати.

**Точність приладу** – основна його характеристика, що характеризується сумарною похибкою.

Засоби виміру поділяються на **класи точності** в залежності від похибок, що допускаються.

**Клас точності приладу** (1-й – найвищий, 4-й – щонайнижчий) позначають припустиму, сумарну, відносну похибку від верхньої межі вимірів. Так, якщо клас приладу дорівнює 1, то відносна похибка, що допускається, дорівнює  $\pm 1 \%$ . Для приладу з верхньою межею виміру  $3 \text{ г/см}^3$  похибка, що допускається, не повинна перевищувати  $0,03 \text{ г/см}^3$  усі робочі шкали. Якщо ж межа дорівнює  $\pm 300$ , чи  $3000 \text{ г/см}^3$ , що допускається похибка відповідно дорівнює  $\pm 3$  і  $\pm 30 \text{ г/см}^3$ .

## 2. НЕБЕЗПЕЧНІ ТА ШКІДЛИВІ ВИРОБНИЧІ ФАКТОРИ

**Умови праці** – це сукупність факторів виробничого середовища та трудового процесу, які впливають на здоров'я та працездатність людини в процесі її професійної діяльності.

Під **шкідливим виробничим фактором** розуміють небажане явище, яке супроводжує виробничий процес і вплив якого на працюючого може призвести до погіршення самопочуття, зниження працездатності, захворювання, виробничо зумовленого чи професійного, і навіть смерті, як результату захворювання.

**Небезпечний виробничий фактор** – небажане явище, яке супроводжує виробничий процес і дія якого за певних умов може призвести до травми або іншого раптового погіршення здоров'я працівника (гострого отруєння, гострого захворювання) і навіть до раптової смерті.

Поділення несприятливих чинників виробничого середовища на шкідливі та небезпечні зумовлене різним характером їх дії на людський організм, тим, що вони потребують різних заходів та засобів для боротьби з ними та профілактики викликаних ними ушкоджень, а також рядом причин організаційного характеру. В той же час між шкідливими та небезпечними виробничими факторами інколи важко провести чітку межу. Один і той же чинник може викликати травму і профзахворювання (наприклад, високий рівень іонізуючого або теплового випромінювання може викликати опік або навіть призвести до миттєвої смерті, а довготривала дія порівняно невисокого рівня цих факторів – до хвороби; пилинки, що потрапили в око, спричиняє травму, а пил, що осідає в легенях, – пневмоконіоз). Через це всі несприятливі виробничі чинники часто розглядаються як єдине поняття – небезпечний та шкідливий виробничий фактор (НШВФ).

**Безпечні умови праці** – це такі умови, за яких вплив шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працюючих виключений або їх рівні не перевищують гігієнічних нормативів.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» за своїм походженням та природою дії всі НШВФ поділяють на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До **фізичних виробничих факторів** належать машини, механізми, вироби і заготовки, що рухаються або обертаються; конструкції, які руйнуються; системи, устаткування або елементи обладнання, які знаходяться під підвищеним тиском; підвищена запиленість і загазованість повітря; підвищена або знижена температура повітря робочої зони, поверхонь обладнання, матеріалів; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку, інфразвуку; підвищений або знижений барометричний тиск та його різкі коливання; підвищена та знижена вологість повітря; підвищена швидкість руху та підвищена іонізація повітря; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; підвищене значення напруги в електричній мережі; підвищені рівні статичної електрики, електромагнітних випромінювань; підвищений рівень напруженості електричного, магнітного полів; відсутність або недостатність природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; прямий та віддзеркалений блиск; підвищена пульсація світлового потоку; підвищені рівні ультрафіолетової та інфрачервоної радіації; гострі кромки, задирки, шершавість на пове-



рхні заготовок, інструментів та обладнання; розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги); слизька підлога; невагомість.

До **хімічних НШВФ** відносяться хімічні речовини, які *за характером дії на організм людини* поділяються на токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні та такі, що впливають на репродуктивну функцію. *За шляхом проникнення в організм людини* вони поділяються на такі, що потрапляють через: органи дихання; шлунково-кишковий тракт; шкіру та слизові оболонки.

До **біологічних НШВФ** відносяться *патогенні мікроорганізми* (бактерії, віруси, рикетсії, спирохети, грибки, найпростіші) та продукти їхньої життєдіяльності, а також *макроорганізми* (тварини та рослини).

До **психофізіологічних НШВФ** відносяться фізичні (статичні та динамічні) перевантаження та нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Інтенсивний або тривалий вплив виробничих факторів може призвести до надмірного функціонального напруження або стати причиною професійних захворювань.

**Виробниче середовище** – сукупність фізичних, хімічних, біологічних, соціальних та інших чинників, що діють на людину під час виконання нею трудових обов'язків.

**Робоча зона** – визначений простір, у якому розташовано робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників.

**Робоче місце** – місце постійного або тимчасового перебування працівника під час виконання ним трудових обов'язків.

**Постійне робоче місце** – робоче місце, на якому працівник перебуває половину або більшу частину свого робочого часу (понад дві години безперервно). Якщо за цих обставин робота виконується на різних ділянках робочої зони, постійним робочим місцем вважається вся зона.

**Тимчасове робоче місце** – робоче місце, на якому працівник перебуває менше половини або меншу частину (менше двох годин безперервно) тривалості щоденної роботи (зміни).

Для вивчення факторів виробничого середовища та їх впливу на організм працюючих використовують різні методи дослідження.

**Фізичні та хімічні методи**, що дозволяють оцінити стан виробничого середовища (визначення параметрів шуму, вібрації, мікроклімату, різних видів випромінювань; визначення наявності шкідливих речовин у повітрі робочої зони).

**Фізіологічні методи** дозволяють зробити висновок про функціональний стан органів і систем організму людини під впливом виробничих факторів.

**Клініко-статистичні і санітарно-статистичні методи** використовують для вивчення стану здоров'я, загальної та професійної захворюваності.

**Експериментальні дослідження** проводять для встановлення якісних і кількісних характеристик впливу того чи іншого фактора виробничого середовища або трудового процесу на організм людини шляхом відповідного моделювання реальної ситуації в експерименті на тваринах з використанням хімічних, фізико-хімічних, біохімічних, біофізичних, токсикологічних та інших методів дослідження.

Метою даного курсу є розглядання фізичних та хімічних методів дослідження НШВФ, котрі найбільш поширені у реальних виробничих умовах.

**Метрологічне забезпечення безпеки праці** – система заходів для розробки і використання наукових і організаційних основ проведення вимірів; нормативно-технічної документації; методів виміру; засобів вимірів і обробки даних з метою досягнення єдності і необхідної точності вимірів і контролю параметрів небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) на робочих місцях.

Заходи по метрологічному забезпеченню спрямовані в першу чергу на поліпшення контролю умов праці, визначення показників безпеки виробничого устатку-

вання і технологічних процесів, методів виміру показників якості засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

Засоби контролю параметрів НШВФ повинні задовольняти наступним умовам:

- оптимальна точність;
- невелика маса і габаритні розміри, портативність;
- наявність автономного живлення;
- підвищена надійність;
- необхідний рівень автоматизації і безперервності роботи;
- висока ремонтноздатність;
- простота перевірки і контролю справності;
- високий ступінь уніфікації;
- пристосованість до масового виробництва;
- зручна індикація (стрілочна чи цифрова), безпосередньо в одиницях вимірюваної величини;
- можливість роботи в широкому діапазоні виробничих умов (виробничий пил, агресивні середовища, вибухонебезпечні приміщення, вібрація, високі і низькі температури і т.д.);
- можливість використання обслуговуючим персоналом, що не володіє високою кваліфікацією;
- невисока вартість виробництва й експлуатації.

## 2.1. Оцінка параметрів виробничого мікроклімату

Під мікрокліматом розуміють комплекс фізичних факторів навколишнього середовища в обмеженому просторі, що впливають на тепловий стан людини. Мікроклімат формують такі фактори, як температура, вологість, рухливість (швидкість руху) повітря та інфрачервоне (теплове) випромінювання.

Різні поєднання зазначених вище факторів створюють метеорологічні умови, які можна поділити на наступні **види виробничого мікроклімату**.

**Оптимальний** – це мікроклімат, що при тривалому систематичному впливі забезпечує нормальний тепловий стан організму, відчуття теплового комфорту і створює умови для високого рівня працездатності. Оптимальний мікроклімат утворюють оптимальні значення показників фізичних факторів, що розглядаються.

**Допустимий** – це мікроклімат, що при тривалому і систематичному впливі може спричинити зміни теплового стану організму, що швидко минають і супроводжуються дискомфорtnими тепловідчуттями, які погіршують самопочуття та знижують працездатність.

Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюються у випадках, коли по технологічних вимогах, технічним і економічним причинам не забезпечуються оптимальні норми.

**Гранично допустимий** – це мікроклімат, що при тривалому і систематичному впливі може спричинити стійкі зміни теплового стану організму, що супроводжуються зривом термостабільності організму і скаргами на виражене перегрівання або переохолодження.

**Охолоджуючий** – це мікроклімат, що може призвести до переохолодження організму (наприклад, ремонтні роботи рухомого складу на лінії в холодний період року).

**Нагріваючий** – це мікроклімат, що може зумовити перегрівання організму.

**Інтермітуючий** – це мікроклімат, показники якого можуть змінюватися протягом робочої зміни.

*Температура* повітря є одним з ведучих факторів, що визначають метеорологічні умови виробничого середовища. Ряд приміщень виробничих підприємств характеризується підвищеною або зниженою температурою.

*Вологість повітря* – вміст у ньому парів води – характеризується поняттями: абсолютної, максимальної і відносної вологості. *Абсолютна вологість* виражається парціальним тиском водяних парів (Па) (парціальний тиск – це тиск, що робить на стінки судини дана складова суміші газів) чи у вагових одиницях у визначеному обсязі повітря (г/м<sup>3</sup>). *Максимальна вологість* – кількість вологи при повному насиченні повітря при даній температурі. *Відносна вологість* – відношення абсолютної вологості до максимальної, виражена у відсотках. У виробничих приміщеннях вологість повітря може сильно змінюватися в залежності від характеру технологічного процесу.

Рух повітря у виробничих приміщеннях створюється конвекційними потоками в результаті нерівномірного нагрівання повітряних мас від джерел тепловиділення. Вимірюється в м/с.

Теплове випромінювання – електромагнітне випромінювання, що має хвильові та квантові властивості, у виробничих умовах зустрічається в діапазоні хвиль від 100 нм до 500 мкм. Інфрачервона область спектра має довжину хвиль від 0,78 до 500 мкм, видима частина 400 – 780 нм і ультрафіолетова 100 – 400 нм. Інфрачервона радіація умовно поділяється на три частини: довгохвильову – більш 3 мкм, середньохвильову – 1,5 – 3,0 мкм і короткохвильову – менш 1,4 мкм.

Інфрачервоне випромінювання має важливе значення в теплообміні людини з зовнішнім середовищем, тому що тепловіддача організму у великій мері відбувається шляхом випромінювання. У звичайних умовах спектр випромінювання тепла людини знаходиться в діапазоні хвиль від 5 до 25 мкм, з максимальною енергією, що приходить на 9,4 мкм, і з інтенсивністю від 0,042 до 0,42 Дж/см<sup>2</sup>·хв.

Джерелами теплового випромінювання є всі предмети, ступінь нагрівання яких визначає загальну інтенсивність їхнього випромінювання і розподіл по частинах спектра.

*Дія на організм.* Між людиною і оточуючим її середовищем відбувається постійний теплообмін. Передача тепла в оточуюче середовище з поверхні тіла відбувається шляхом конвекції навколишнього повітряного шару, теплового випромінювання, і за рахунок випару вологи. В умовах метеорологічного комфорту тепловіддача випромінюванням складає в середньому 44 – 59 %, конвекцією – 14 – 33 %, випаром поту – 22 – 29 %.

При різних метеорологічних умовах в організмі людини відбуваються зміни ряду функцій систем і органів, що приймають участь у терморегуляції, - у системі кровообігу, нервовій і потовидільній системі. При тривалому перебуванні в несприятливих мікрокліматичних умовах, з постійною напругою терморегуляції, можливі стійкі зміни фізіологічних функцій організму – порушення діяльності серцево-судинної системи, гноблення центральної нервової системи, порушення водно-сольового обміну. Інфрачервоне випромінювання, крім посилення теплового впливу навколишнього середовища на організм працюючого, спричиняє і специфічний вплив, що виявляється у виникненні біохімічних порушень і зміни функціонального стану центральної нервової системи, зменшенні нервово-м'язової збудливості і зниженні загального обміну в організмі.

*Методи оцінки параметрів мікроклімату.*

Дослідження мікроклімату слід починати з виявлення гігієнічних особливостей технологічних процесів, архітектурно-планувальних і будівельних рішень, з ознайомлення з принципами вентилявання приміщень і технічним станом вентиляційних систем. Крім того, необхідно визначити час перебування працюючих у конкретних метеорологічних умовах. Ознайомлення з особливостями виробництва завершується визначенням категорії важкості виконуваних робіт.

Дослідження мікроклімату виробничих приміщень при постійному перебуванні працюючих слід проводити при максимальному завантаженні технологічного устаткування і при роботі усіх вентиляційних систем на проектну потужність.

Виміри показників мікроклімату повинні проводитися на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періоду року не менш 3 разів у зміну (на початку, в середині і в кінці). При коливаннях показників мікроклімату, зв'язаних з технологічними й іншими причинами, зміни необхідно проводити також при найбільших і найменших величинах термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

Температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря вимірюють на висоті 1,0 м від підлоги чи робочої площадки при роботах, що виконуються сидячи, і на висоті 1,5 м – при роботах, що виконуються стоячи. Виміри проводять як на постійних, так і на непостійних робочих місцях при їхньому мінімальному і максимальному видаленні від джерел локального тепловиділення, охолодження чи вологовиділення (нагрітих агрегатів, вікон, дверних прорізів, відкритих ванн і т.д.).

Для визначення різниці температури повітря і швидкості його руху по висоті робочої зони варто проводити вибіркові виміри на висоті 0,1; 1,0 і 1,7 м від підлоги чи робочої площадки відповідно до задач дослідження.

При наявності джерел променистого тепла інтенсивність теплового опромінення на постійному і непостійному робочому місцях необхідно визначати в напрямку максимуму теплового випромінювання від кожного з джерел, розташовуючи приймач приладу перпендикулярно падаючому потоку на висоті 0,5; 1,0 і 1,5 м від підлоги чи робочої площадки. Всі обмірювані значення повинні відповідати нормативним.

Таблиця 1 - Вимоги до вимірювальних приладів

Найменування показника	Діапазон вимірювання	Граничне відхилення
Температура повітря по сухому термометру, °С	Від 30 до 50 включно	$\pm 0,2$
Температура повітря по змоченому термометру, °С	Від 0 до 50 включно	$\pm 0,2$
Температура поверхні, °С	Від 0 до 50 включно	$\pm 0,5$
Відносна вологість повітря, %	Від 10 до 90 включно	$\pm 5,0$
Швидкість руху повітря, м/с	Від 0 до 0,5 включно Понад 0,5	$\pm 0,05$ $\pm 0,1$
Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	Від 10 до 350 включно Понад 350	$\pm 5,0$ $\pm 50,0$

Для виміру температури і відносної вологості повітря використовуються аспіраційні психрометри типу МВ-4М (з механічним приводом) чи М-34 (з електричним приводом).

При відсутності джерел теплового випромінювання температура повітря може вимірюватися ртутними метеорологічними термометрами типу ТМ-6 чи спиртовими термометрами. Температура і відносна вологість повітря може вимірюватися також універсальним психрометром типу ПБУ-1М. Для вивчення динаміки температури і відносної вологості повітря можуть бути використані самописні термографи типу М-16,

гігрографи типу М-21 за умови порівняння показань цих приладів з показаннями аспіраційного психрометра.

Вимірювання швидкості руху повітря робиться крильчастим анемометром АСО-3 типу Б (від 0,3 до 5 м/с) чи чашковим анемометром типу МС-13 (від 1 до 20 м/с). Значення швидкості руху повітря менш 0,3 м/с можуть вимірюватися термоелектроанемометрами.

Вимір інтенсивності теплового випромінювання проводиться актинометрами з діапазоном вимірювання від 0 до 3500 Вт/м<sup>2</sup> і від 0 до 14000 Вт/м<sup>2</sup> і мінімальною ціною ділення відповідно 140 Вт/м<sup>2</sup> і 350 Вт/м<sup>2</sup>.

Перевірка вимірювальних приладів робиться 1 раз на рік у спеціальних закладах за допомогою еталонів перевірки за відповідною методикою.

## 2.2. Оцінка запиленість повітря виробничого приміщення

**Виробничий пил** – це сукупність дрібних твердих часток, що утворюються в процесі виробництва, знаходяться в завислому стані в повітрі робочої зони та впливають на організм працюючих. Дрібні тверді частинки, що знаходяться у повітрі, представляють собою дисперсну систему (аерозоль), у якій дисперсною фазою є тверді частинки, а дисперсним середовищем – повітря.

Пил є одним із найбільш поширених несприятливих факторів виробничого середовища. За способом утворення він належить до фізичних факторів, але може токсично діяти на організм працюючих залежно від хімічного складу.

З утворенням і виділенням пилу пов'язані численні технологічні процеси та операції: металообробка, електро- і газозварювання та інше.

Класифікація виробничого пилу:

- за походженням (органічний, неорганічний, змішаний);
- способом утворення (аерозоль дезінтеграції, аерозоль конденсації);
- дисперсністю (ультрамікроскопічний, мікроскопічний, видимий).

**Дія пилу на організм.** Пил може спричиняти фіброгенну, токсичну, подразливу, канцерогенну, радіоактивну, сенсibiliзуючу дію. Розчинність пилу. Електрозарядженість пилових часток також є важливою властивістю пилу. Захворювання шкіри і слизових оболонок, захворювання алергійної природи, онкологічних захворювання, пневмоконіози. Пил - носій мікробів, грибів, кліщів та ін.

**Методи оцінки підвищеної запиленості.**

Дві групи:

- прямі методи;
- непрямі методи.

**Ваговий метод** виміру концентрації пилу полягає у виділенні з пилогазового потоку часток пилу і визначенні їхньої маси шляхом зважування. Концентрацію пилу розраховують по формулі:

$$C = \frac{m}{v_g \cdot t},$$

де  $m$  – маса пилу на фільтрі;

$v_g$  – об'ємна швидкість просмоктування повітря через фільтр;

$t$  – час добору проби.

Етапи виміру концентрації пилу ваговим методом.

Середня похибка методу складає  $\pm 30\%$ .

Переваги та недоліки застосування вагового методу вимірювання концентрації пилу.

*Радіоізотопний метод* виміру концентрації пилу заснований на використанні властивості радіоактивного випромінювання поглинатися частками пилу. Масу  $m$  осілого на фільтрі пилу визначають, виходячи з залежності:

$$I_{\text{рад}} = I_{0, \text{рад}} \exp(-\mu_m \cdot m),$$

де  $I_{\text{рад}}$  і  $I_{0, \text{рад}}$  – інтенсивність радіоактивного випромінювання після проходження його через пиловий осад на фільтрі і через чистий фільтр;

$\mu_m$  – масовий коефіцієнт поглинання радіоактивного випромінювання,

рівний  $\mu_m = a \cdot E_{\text{макс}}^{-b}$ ;

$E_{\text{макс}}$  – максимальна енергія радіоактивного випромінювання;

$a$  і  $b$  – константи.

Переваги та недоліки виміру концентрації пилу радіоізотопним методом у порівнянні із ваговим.

Похибка вимірів радіоізотопним методом не перевищує  $\pm 30 \%$ .

*Фотометричний метод* виміру концентрації пилу оснований на попередньому осадженні часток пилу на фільтрі і визначенні оптичної щільності пилового осаду. Вимір оптичної щільності пилового шару по поглинанню світла оснований на визначенні інтенсивності світла  $I$ , що пройшло через шар:

$$I = I_0 \exp(-\varepsilon Cl),$$

де  $I_0$  – інтенсивність початкового світлового потоку;

$C$  – концентрація пилу, що накопичується на фільтрі;

$\varepsilon$  – показник поглинання світла, що приходить на одиницю концентрації пилу;

$l$  – товщина шару пилу.

Точність виміру концентрації для часток розміром менш 7 мкм дорівнює  $\pm 10 \%$ , для часток із широким інтервалом виміру їхніх розмірів вона складає  $\pm 30 \%$ .

В основу *методу механічних вібрацій* покладений вимір змін частоти коливного елемента при осадженні на ньому пилу. Кутова частота коливань вібруючого фільтра дорівнює:

$$\omega = \sqrt{\frac{\alpha}{m_{\text{ф}}}},$$

де  $m_{\text{ф}}$  – маса фільтра;

$\alpha$  – коефіцієнт пружності.

Зі збільшенням маси фільтра на величину  $\Delta m_{\text{ф}}$  за рахунок осадження на ньому пилу частота зміниться на величину:

$$\Delta \omega = -\frac{\Delta m_{\text{ф}} \cdot \omega}{2m_{\text{ф}}}.$$

Методи визначення концентрації пилу в повітрі робочої зони без попереднього її осадження. Їх принцип. Недоліки застосування.

В даний час для надійної гігієнічної оцінки запиленості повітря застосовується, головним чином, прямий ваговий (гравіметричний) метод – добір усього пилу, що знаходиться в зоні подиху, за допомогою різних аспіраторів на фільтри типу АФА-ВП. Вимоги до умов відбору проб. Отриману концентрацію пилу порівнюють з гранично допустимою і встановлюють перевищування або навпаки.

*Метрологічне забезпечення. Прямий метод:* 1) аспіратор мод. 822; 2) портативні аспіратори для добору проб повітря з живленням від мережі або автономне (12 В) з

вбудованим лічильником обсягу повітря, що протягується, які мають автоматичне відключення; 3) аналітичні аерозольні фільтри типу АФА-ВП-10, АФА-ВП-20; 4) ваги АДВ-200М; 5) секундомір однострілочний.

*Непрямий метод.* Для визначення масової концентрації пилу робочими засобами вимірів є радіоізотопні пиломіри різних типів: ПРИЗ-2, РИП-5, РКП-5. Фотометричний метод визначення концентрації пилу застосований у пиломірі типу ФЭКП-3.

### 2.3. Оцінка загазованості повітря виробничого приміщення

Перелік нормативних документів, що регламентують вимоги до повітря у робочому приміщенні та контроль за концентрацією виробничих отрут.

Виробничі отрути. Шляхи надходження в організм людини. Виділення отрут з організму.

Класифікація за характером впливу на організм:

- загальнотоксичної дії;
- гонадотоксичної дії (безпліддя у чоловіків і жінок) – бензин, бензол, свинець, каучук та інші;
- ембріотоксичної дії (мертвонародження, природжені вади) – ртуть, мідь, дихлофос та інші;
- алергенної дії;
- канцерогенної дії (злоякісне переродження клітин) – сажа, деякі нафтопродукти;
- мутагенної дії (зміна спадкових властивостей організму, що проявляється у потомстві) – епоксидні смоли, формальдегід, хлоропрен та інші;
- подразливої дії;
- сенсibiliзуючої дії (підвищують чутливість організму до деяких речовин) тощо.

Фактори, від яких залежить токсичність отрут.

Виробничі операції, що можуть бути джерелами шкідливих речовин на підприємствах міськелектро транспорту.

*Методи оцінки концентрації хімічних речовин у повітрі робочої зони.*

- експрес-метод, який ґрунтується на явищі колориметрії;
- лабораторний метод, що полягає у відборі проб повітря з робочої зони і проведенні фізико-хімічного аналізу;
- метод неперервної автоматичної реєстрації вмісту в повітрі шкідливих хімічних речовин з використанням газоаналізаторів та газосигналізаторів.

Поняття гранично допустимої концентрації (ГДК), максимально разової робочий зони (ГДК<sub>мр.рз</sub>) і середньозмінної робочої зони (ГДК<sub>сз.рз</sub>).

При одночасному вмісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин рідноспрямованої дії ГДК залишаються такими ж, як і при ізольованому впливі.

При одночасному вмісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії (по висновку органів державного санітарного нагляду) сума відносин фактичних концентрацій кожного з них ( $K_1, K_2 \dots K_n$ ) у повітрі до їх ГДК (ГДК<sub>1</sub>, ГДК<sub>2</sub>...ГДК<sub>n</sub>) не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{K_1}{ГДК_1} + \frac{K_2}{ГДК_2} + \dots \frac{K_n}{ГДК_n} \leq 1.$$

Вимоги до відбору проб. Час відбору.

Періодичність контролю залежно від класу небезпеки.

Для контролю середньозмінної ГДК (ГДК<sub>сз.рз</sub>) проби відбирають не менше ніж впродовж тривалості 75 % зміни протягом 3 змін. ГДК розраховують як середньозважену величину за період окремих операцій технологічного процесу за формулою:

$$K_{C.3.} = \frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + \dots + K_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

де  $K_{C.3.}$  – середньозмінна концентрація, мг/м<sup>3</sup>;

$K_1, K_2, \dots, K_n$  – середні арифметичні величини окремих замірів концентрації речовини на окремих стадіях (операціях), мг/м<sup>3</sup>;

$t_1, t_2, \dots, t_n$  – тривалість окремих стадій (операцій), хв.

Контроль речовин гостроспрямованої дії здійснюється безупинно із повідомленнями про перевищення ГДК.

Вимоги до методик і засобів виміру.

*Метод виміру концентрацій шкідливих речовин індикаторними трубками (експрес-методи).* Сутність методу. Лінійно-колористична індикаторна трубка. Колориметрична індикаторна трубка. Параметри виміру концентрації шкідливих речовин. Контроль метеорологічних параметрів повітря робочої зони.

Результат виміру концентрації шкідливої речовини приводять до нормальних умов ( $C_n$ ): температура 293 К, атмосферний тиск 101,3 кПа (760 мм рт.ст.), відносна вологість 60 %.

Концентрацію ( $C_n$ ) при нормальних умовах у мг/м<sup>3</sup> обчислюють по формулі:

$$C_n = \bar{C}_{t,\varphi,p} \frac{(273 + t) \cdot 101,3}{293 \cdot p} \cdot K_v$$

де  $\bar{C}_{t,\varphi,p}$  – результат виміру концентрації шкідливої речовини, при температурі навколишнього повітря  $t$  °С, відносної вологості  $\varphi$  % і атмосферному тиску  $p$  кПа, мг/м<sup>3</sup>;

$K_v$  – коефіцієнт, що враховує вплив температури і вологості навколишнього повітря на показання індикаторних трубок, значення якого визначається по відповідній документації індикаторних трубок.

Вимоги до величини відносної похибки та запису результату виміру.

*Лабораторні методи.* Хроматографічний аналіз: газова хроматографія, рідинна хроматографія. Принцип хроматографічного аналізу. Складові частини хроматографу.

Фотометричний метод: фотоколориметричний і спектрофотометричний методи. Принцип фотометричних методів. Складові приладу, призначеного для фотоколориметричного чи спектрофотометричного аналізу

*Автоматичний контроль.* В умовах виробництва, де техпроцес зв'язаний з обертанням шкідливих речовин гостроспрямованої дії, лабораторні методи і ручні прилади з індикаторними трубками не завжди забезпечують ефективний контроль стану повітряного середовища, тому що небезпечні концентрації газів і пар у повітрі робочої зони можуть створюватися за короткі терміни і процес виникнення небезпечної ситуації носить випадковий характер. У зв'язку з цим необхідний автоматичний контроль загазованості повітря робочої зони, для чого використовуються автоматичні газоаналізатори контролю гранично припустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі і сигналізатори довибухонебезпечних концентрацій паливних газів і пар, що застосовують самостійно й у системах захисту і сигналізації.

*Газоаналізатор* – засіб вимірів вмісту одного чи декількох компонентів у газовій суміші. Автоматичний газоаналізатор являє собою прилад, у якому відбір проби повітря, вимір концентрації контрольованого компонента, видача і запис результатів аналізу, а потім і видалення проби здійснюються автоматично. Газоаналізатори бувають стаціонарні, пересувні і переносні.



*Сигналізатор* – прилад, що здійснює тільки сигналізацію про досягнення заздалегідь установленого значення концентрації аналізованого компонента і не призначений для кількісної оцінки фактичної концентрації до чи після спрацьовування сигналу.

*Метрологічне забезпечення.* Газоаналізатори типу УГ-2, ГХ-4, ФОН-1, ФКГ-3М, “Сирена-2”, ЩИТ-2, СПА-1 та інші.

## 2.4. Оцінка параметрів виробничого освітлення

**Світло** (видиме випромінювання) являє собою випромінювання, що безпосередньо викликає зорове відчуття. По своїй природі це електромагнітні хвилі довжиною від 380-400 до 760-780 нм ( $10^{-9}$  м). Границі довжин хвиль основних характерних кольорів мають наступні значення: фіолетовий – 380-450 нм, синій – 450-480 нм, голубий – 480-510 нм, зелений – 510-550 нм, жовто-зелений – 550-575 нм, жовтий – 575-585 нм, жовтогарячий – 585-620 нм, червоний – 620-750 нм. Чутливість ока до світла різної довжини хвилі (різного кольору) відрізняється.

Світло характеризують визначені поняття й одиниці.

**Світловий потік** ( $\Phi$ ) – потік променистої енергії, оцінюваний по зоровому відчуттю, характеризує потужність світлового випромінювання. Одиниця світлового потоку – люмен (лм).

**Сила світла** ( $I$ ) – просторова щільність світлового потоку у визначеному напрямку. Одиниця сили світла – кандела (кд).

**Яскравість** ( $L$ ) – поверхнева щільність сили світла в даному напрямку – дорівнює відношенню сили світла до площі проекції поверхні, що світить, на площину, перпендикулярну цьому напрямку. Одиниця яскравості – кандела на квадратний метр ( $\text{кд/м}^2$ ).

**Освітленість** ( $E$ ) – поверхнева щільність світлового потоку, що падає на поверхню – дорівнює відношенню світлового потоку, що падає на елемент поверхні, до площі освітлюваної поверхні. Одиниця освітленості – люкс (лк).

**Світність** ( $M$ ) – поверхнева щільність світлового потоку, що випускається поверхнею, дорівнює відношенню світлового потоку, що виходить з елемента поверхні до площі цієї поверхні. Одиниця світності – люмен на квадратний метр ( $\text{лм/м}^2$ ).

Зорова функція відіграє велику роль у трудовій діяльності. Близько 80 % усієї інформації, що одержує людина, припадає на зоровий аналізатор. Порушення в ньому призводять до зорового стомлення, унаслідок чого відбуваються нещасні випадки. Відомо, що 20 % травм є результатом недостатнього освітлення.

Для освітлення виробничих приміщень використовують *природне, штучне та суміщене освітлення*. **Природне освітлення** – освітлення приміщень прямим або відбитим світлом неба, що проникає через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях. Природне освітлення буває трьох видів: *верхнє* (через світлові прорізи в перекритті); *бічне* (через світлові прорізи в зовнішніх стінах); *комбіноване* – поєднання верхнього та бічного освітлення.

Природне освітлення з гігієнічних позицій є оптимальним, воно активізує діяльність центральної нервової, ендокринної і м'язової систем. Наявність у спектрі денного світла ультрафіолетових променів стимулює обмінні процеси в організмі.

У випадках, коли неможливо забезпечити достатній рівень природного освітлення, організовують *суміщене освітлення*, тобто природне освітлення доповнюють *штучним*.

**Штучне освітлення** створюється за допомогою ламп розжарювання, газорозрядних, галогенних ламп, ламп типу ДРЛ, спеціальних ламп. **Світильник** – це лампа разом з освітлювальною арматурою, основне призначення якої – раціональний перерозподіл світлового потоку лампи та захист очей від її надмірної яскравості.

Штучне освітлення буває *загальним* (при якому світильники розміщують у верхній зоні приміщення); *місцевим* (при якому світильники розміщують безпосередньо біля робочого місця) та *комбінованим* (при якому до загального додається місцеве освітлення). Залежно від особливостей технологічного процесу, габаритів і розташування устаткування та робочих місць приймають загальне рівномірне чи локалізоване освітлення, а за необхідністю комбіноване (загальне з місцевим). Систему загального рівномірного освітлення застосовують при рівномірному розташуванні робочих місць, а також, коли не вимагається високого рівня освітленості.

**За призначенням** штучне освітлення поділяють на:

- *робоче* (освітлення, яке забезпечує нормовані освітлювальні умови в приміщеннях і в місцях виконання робіт поза будинками).
- *аварійне* (поділяється на освітлення безпеки та евакуаційне):
  - освітлення безпеки – освітлення для продовження роботи при аварійному відключенні робочого освітлення;
  - евакуаційне освітлення – освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення;
- *охоронне* (освітлення вздовж межі території, що охороняється);
- *чергове* (освітлення за відсутності основного робочого процесу).

До штучного виробничого освітлення встановлено такі вимоги:

- спектр джерела світла повинен бути максимально наближений до спектра сонячного випромінювання;
- світло повинно рівномірно розподілятися на робочій поверхні;
- світильники не повинні бути додатковими джерелами шкідливості (шуму, тепла);
- системи освітлення не повинні спотворювати правильне сприйняття кольору.

Відповідно до джерела світла, системи освітлення, схеми розташування світильників, орієнтації робочої поверхні у просторі вибирають відповідний метод розрахунку загального освітлення: коефіцієнта використання світлового потоку, точковий, питомої потужності тощо.

Нераціональне освітлення може призвести до короткозорості, ністагму, диплопії, кон'юнктивіту та ін.

Нераціональне освітлення характеризується такими факторами, як недостатні рівні освітленості, нерівномірність розподілу яскравості на робочому місці та у приміщенні, блискість, наявність у полі зору сліпучої яскравості.

**Методи оцінки виробничого освітлення.** Природне або поєднане освітлення оцінюють за КПО (коефіцієнт природного освітлення, %), що являє собою відношення природного освітлення в певній точці заданої площини у середині приміщення до освітлення умовної поверхні поза приміщенням, що здійснюється за рахунок світла від відкритого неба.

Нормоване значення КПО,  $e_N$ , для будинків, розташованих в різних районах, визначається за формулою:

$$e_N = e_H \cdot m_N$$

де  $e_H$  – нормативне значення КПО;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату.

При нормуванні штучного освітлення регламентують освітленість у люксах (лк). При цьому враховують характеристику зорової роботи: найменший розмір об'єкта розрізнення, контраст об'єкта розрізнення з фоном, характеристику фона, систему освітлення.

За найменший розмір об'єкта розпізнання приймають ширину риски, тріщини, лінії, що утворює букву чи цифру. Фон – поверхня, що прилягає безпосередньо до

об'єкту розпізнання, на якій він розглядається. Фон характеризується коефіцієнтом відбивання ним світла:

$$\rho = \frac{\Phi_{\text{відб}}}{\Phi_{\text{над}}},$$

де  $\Phi_{\text{над}}$  – величина світлового потоку, що падає на поверхню (фон);

$\Phi_{\text{відб}}$  – кількість світлового потоку, що відбився від поверхні (фону).

При  $\rho > 0,4$  фон вважається світлим, при  $\rho = 0,2 \div 0,4$  – середнім, при  $\rho < 0,2$  – темним. Контраст об'єкта з фоном характеризується співвідношенням яскравості об'єкта, що розглядається, і фону:

$$K = \frac{B_{\phi} - B_{об}}{B_{\phi}}, \text{ якщо } B_{\phi} > B_{об}, \text{ або } K = \frac{B_{об} - B_{\phi}}{B_{об}}, \text{ якщо } B_{\phi} < B_{об}.$$

При  $K > 0,5$ , контраст вважається великим, при  $K = 0,2 \div 0,5$  – середнім, при  $K < 0,2$  – малим.

*Метрологічне забезпечення.* Об'єктивний люксметр (наприклад, Ю-16, Ю-17), його конструкція. Вимоги до проведення вимірювання.

Похибка люксметрів складає  $\pm 10 \%$  від вимірюваної величини.

## 2.5 Оцінка виробничого шуму

**Шум** – будь-який небажаний звук або сукупність звуків різної частоти й інтенсивності, що безладно поєднуються та негативно впливають на організм і шкодять роботі та відпочинку. За фізичною (акустичною) сутністю шум – це механічні коливання часток пружного середовища малої амплітуди, що мають безладний характер.

Механічні коливання характеризуються амплітудою і частотою. Амплітуда визначається розмахом коливань, частота – кількістю повних коливань за 1 с. Частота коливань визначає висоту звучання: чим більша частота коливань, тим вищий звук. Людина сприймає лише звуки, що мають частоту від 20 до 20 000 Гц. Нижче ніж 20 Гц знаходиться область інфразвуку, вище ніж 20 000 Гц – ультразвук. Однак у реальному житті, у тому числі й в умовах виробництва, людина найчастіше чує звуки частотою від 50 до 5000 Гц. Орган слуху людини реагує не на абсолютний, а на відносний приріст частот: зростання частоти коливань удвічі сприймається як підвищення тону на визначену величину, що називається октавою. Таким чином, октава – діапазон частот, у якому верхня межа частоти вдвічі більша за нижню. Весь діапазон частот поділений на октави із середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц.

Розподіл енергії за частотами шуму являє собою його спектральний склад.

У зв'язку з великим діапазоном енергій, що сприймаються для вимірювання інтенсивності шуму або звуку використовують логарифмічну шкалу – так звану шкалу Бел. За початкове значення 0 Бел прийнято граничну для слуху величину звукового тиску  $2 \cdot 10^{-5}$  Па (порог слухової чутливості, або сприйняття). При зростанні його в 10 разів звук суб'єктивно сприймається як удвічі гучніший, і його інтенсивність становить 1 Бел, або 10 дБ. При збільшенні інтенсивності у 100 разів порівняно з пороговою чутливістю звук сприймається вдвічі гучнішим за попередній і його інтенсивність дорівнює 2 Бел, або 20 дБ і т.д. Весь діапазон інтенсивності, що сприймаються як звук, укладається в діапазон від 0 до 140 дБ (больовий поріг). Отже, при вимірюванні інтенсивності звуків користуються не абсолютними величинами звукової енергії або звукового тиску, а відносними, виражаючи відношення величини звукової енергії або тиску даного звуку до величин енергії або тиску, що є порогом слухового відчуття.

З урахуванням розглянутих фізико-гігієнічних характеристик **виробничий шум можна класифікувати: за характером спектра** шуму (залежність рівнів звукового тиску від середньгеометричних октавних частот) на *широкопasmовий*, що має безперервний спектр шириною більшою ніж одна октава; *вузькопasmовий*, або *тональний*, у спектрі якого є виражені дискретні тони.

**За часовими характеристиками** шуми слід поділяти на такі: *постійні*, рівень шуму яких за повний робочий день (8 годин) при роботі технологічного обладнання змінюється не більш ніж на 5 дБА; *непостійні*, рівень шуму яких за повний робочий день при роботі технологічного обладнання змінюється більше ніж на 5 дБА.

**Непостійні шуми** поділяються на *мінливі*, рівень яких безперервно змінюється у часі; *переривчасті*, рівень яких змінюється ступінчасто на 5 дБА і більше, при цьому довжина інтервалів, під час яких рівень залишається сталим, становить 1 с і більше; *імпульсні*, які складаються з одного або декількох звукових сигналів, кожен з яких триває менше ніж 1 с і відрізняються не менше ніж на 7 дБ.

**За джерелом виникнення** шум класифікують як *механічний*, *аеродинамічний*, *гідромеханічний* та *електромагнітний*.

**Дія на організм.** Шум, будучи загальнобіологічним подразником, впливає на всі органи і системи У цьому проявляється його неспецифічна дія. Специфічна дія спричинює зміни в органі слуху. Під впливом шуму знижується розбірливість мови, швидко розвивається стомлення, порушується сон, знижується працездатність і можуть виникнути патологічні зміни.

Зміни в центральній нервовій системі настають значно раніше, ніж порушення в слуховому аналізаторі. При цьому шум, впливаючи як стрес-фактор, спричиняю зміну реактивності центральної нервової системи, наслідком чого є розлади регулювання функцій органів і систем організму.

Інтенсивний щоденний шум повільно і незворотно впливає на незахищений орган слуху і призводить до розвитку приглухуватості.

**Методи оцінки виробничого шуму.** Нормованими параметрами шуму на робочих місцях є:

для *постійного* шуму – рівні звукового тиску  $L$  (у децибелах) в октавний смугах частот зі середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц;  $L_A$  – рівень звуку, дБА.

$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0},$$

де  $p$  – середнє квадратичне значення звукового тиску, Па;

$p_0$  – вихідне значення звукового тиску. У повітрі  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для орієнтовної оцінки (наприклад, при проведенні перевірок органами нагляду, з'ясуванні необхідності здійснення заходів по зниженню шуму та інше) допускається у якості характеристики постійного широкопasmового шуму на робочих місцях приймати рівень звуку у дБА, що вимірюється на характеристиці “повільно” шумоміру та визначається за формулою:

$$L_A = 20 \lg \frac{p_A}{p_0},$$

де  $p_A$  – середнє квадратичне значення звукового тиску з урахуванням корекції “А” шумоміру, Па.

Для *непостійного* шуму (крім імпульсного) – еквівалентний (по енергії) рівень звуку, дБА; максимальний рівень звуку, дБА. *Еквівалентний (по енергії) рівень звуку*  $L_{A \text{ екв}}$  в дБА даного непостійного шуму – рівень звуку постійного широкопasmового шуму, котрий має той же самий середній квадратичний звуковий тиск, що і даний

непостійний шум протягом визначеного інтервалу часу і котрий визначають за формулою:

$$L_{Aекв} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt,$$

де  $p_A(t)$  – поточне значення середнього квадратичного звукового тиску з урахуванням корекції “А” шумоміру, Па;

$p_0$  – вихідне значення звукового тиску (в повітрі  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па);

$T$  – час дії шуму, год.

Для імпульсного шуму – еквівалентний рівень звуку, дБА; максимальний рівень звуку, дБАІ.

Виміри шуму повинні виконуватися для контролю відповідності фактичних рівнів шуму на робочих місцях допустимим згідно діючих норм.

Результати вимірів повинні характеризувати шумовий вплив за час робочої зміни (робочого дня). Виміри шуму повинні проводитися при роботі не менш 2/3 встановлених у даному приміщенні одиниць технологічного устаткування в найбільш часто реалізованому (характерному) режимі його роботи. Під час проведення вимірів повинно бути включене устаткування вентиляції, кондиціонування повітря й інші звичайно використовувані в приміщенні пристрої, що є джерелом шуму.

Рівні звуку вимірюють шумомірами 1 чи 2-го класу точності. Октавні рівні звукового тиску вимірюють шумомірами з підключеними до них октавними електричними фільтрами чи комбінованими вимірювальними системами відповідного класу точності.

Вимір еквівалентних рівнів звуку варто робити інтегруючими шумомірами і шумоінтеграторами.

**Методи оцінювання шумового навантаження.** Індивідуальне оцінювання шумового навантаження за наявності непостійного шуму на робочих місцях. Етапи проведення групового оцінювання шумового навантаження за наявності непостійного шуму місцях.

У ситуації групового оцінювання шумове навантаження непостійного шуму на постійних робочих місцях в цілому в даному виробничому приміщенні дорівнює критерію шумового навантаження (КШН, в дБА), який обчислюють за формулою:

$$КШН = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \cdot \Delta L_{Aекв_i}}{N},$$

де  $N$  – кількість працівників;

$N_i$  – кількість працівників на постійних робочих місцях в кожній шумовій зоні;

$\Delta L_{Aекв_i}$  – максимальне перевищення нормального рівня шуму в кожній шумовій зоні.

$КШН$  – середньозважене перевищення нормативного рівня шуму даного виробництва і є однозначним показником шкідливого впливу непостійного шуму на всю групу працівників на постійних робочих місцях.

Групове оцінювання шумового навантаження за наявності непостійного шуму на непостійних робочих місцях. Критерій шумового навантаження (КШН, в дБА) буде обчислюватися за формулою:

$$KШН = \frac{\sum_{n=1}^N \Delta L_{Aекв_n}}{N},$$

де  $N$  – кількість працівників в цілому;

$n$  – кількість робочих місць;

$\Delta L_{Aекв_n}$  – перевищення нормативного рівня шуму на кожному  $n$ - робочому місці.

$KШН$  – середньозважене перевищення нормативного рівня шуму на даному виробництві і є однозначним показником шкідливого впливу непостійного шуму на всю групу працівників на непостійних робочих місцях.

Індивідуальне оцінювання шумового навантаження за наявності постійного шуму на постійних робочих місцях треба проводити на основі величини рівня шуму в дБА, виміряного за допомогою шумоміра на характеристиці “повільно” на шкалі “А”. У ситуації індивідуального оцінювання шумове навантаження постійного шуму дорівнює різниці у дБА між рівнем шуму на постійному робочому місці та нормативним рівнем шуму для даного виробництва.

Групове оцінювання шумового навантаження за наявності постійного шуму для постійних та непостійних робочих місць проводять за методикою, що була розглянута вище.

**Метрологічне забезпечення.** Шумоміри та класи їх точності. У залежності від метрологічних параметрів і технічних характеристик шумоміри поділяються на два класи. Частотний діапазон шумоміра 1-го класу складає 20-12 500 Гц, шумоміра 2-го класу – 31,5-8000 Гц. У комплекті із шумомірами 1-го і 2-го класу застосовуються октавні ( $1/3$  – октавні) електричні фільтри.

### 2.5.1. Виробничий інфразвук

Під **інфразвуком** прийнято розуміти звукові коливання з частотами нижчими ніж 20 Гц. Джерелами інфразвуку можуть бути вітер, грозові розряди, морські хвилі.

У сучасному виробництві і на транспорті джерелами інфразвуку є компресори, кондиціонери, промислові вентилятори та інші машини і механізми, що генерують низькочастотні коливання або турбулентні потоки газів і рідин.

Класифікація інфразвуку:

- за характером спектра (широкосмуговий, гармонійний);
- по тимчасових характеристиках (постійний, непостійний).

Для постійного інфразвуку нормованою характеристикою є рівень звукового тиску в октавних смугах частот, у децибелах, зі середньгеометричними частотами 2, 4, 8, 16 Гц. Для непостійного інфразвуку нормованою характеристикою є загальний рівень звукового тиску, у децибелах, обмірюваний по шкалі «лінійна».

Дія інфразвуку на організм. Резонансні явища в організмі.

**Методи оцінки інфразвуку.** Для характеристики інфразвуку встановлюються наступні вимірювані величини:

- для постійного інфразвуку – октавні рівні звукового тиску, дБ;
- для непостійного інфразвуку – загальний рівень звукового тиску по шкалі «лінійна» шумоміра, дБ.

Для встановлення ступеня виразності інфразвуку щодо шуму використовують різницю рівнів по шкалах «лінійна» і «А» шумоміра:

- $(L_{\text{Лин}} - L_A) \leq 10$  дБ – інфразвук практично відсутній;
- $10 < (L_{\text{Лин}} - L_A) \leq 20$  дБ – інфразвук не виражений;
- $(L_{\text{Лин}} - L_A) > 20$  дБ – виражений інфразвук.

*Метрологічне забезпечення.* Вимірювання інфразвуку робиться шумомірами 1-го класу точності. Мікрофони шумомірів повинні мати нижню граничну частоту 2 Гц.

### 2.5.2. Виробничий ультразвук

**Ультразвук** – механічні коливання пружного середовища, що мають однакову зі звуком фізичну природу, але перевищують верхній поріг чутливості (понад 20 кГц).

Ультразвук широко використовують у промисловості. Так, низькочастотний ультразвук (11-100 кГц) застосовують для очищення деталей, обробки алмазів; високочастотний ультразвук (100 кГц-1000 МГц) знайшов застосування в дефектоскопії, зв'язку; у медицині – для ультразвукової діагностики, руйнування пухлин.

Ультразвук до 120-130 дБ може виникати як супутній фактор при експлуатації технологічного і вентиляційного устаткування.

Класифікація ультразвуку:

- за способом передачі від джерела до людини (повітряний, контактний);
- за спектром (низькочастотний, високочастотний).

Дія ультразвуку на організм. Контактна та повітряна дія ультразвуку.

*Методи оцінки ультразвуку.* Характеристикою повітряного ультразвуку є рівні звукового тиску, у децибелах,  $1/3$ -октавних смугах зі середньгеометричними частотами від 12,5 до 100 кГц.

Характеристикою ультразвуку, переданого контактним шляхом, є пікове значення віброшвидкості  $L_v$ , у м/с, чи його логарифмічний рівень, у дБ, у діапазоні частот від 8 до 31500 кГц:

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0},$$

де  $v$  – пікове значення віброшвидкості, м/с;

$v_0$  – опорне значення віброшвидкості, що дорівнює  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с.

Умови проведення вимірів рівнів повітряного та контактного ультразвуку. Відстань від підлоги та людини.

*Метрологічне забезпечення.* Апаратура для вимірювання рівнів звукового тиску ультразвукових коливань. Відсутності електричного або магнітного наведення на апаратуру.

## 2.6. Оцінка виробничої вібрації

**Вібрація** – це механічні коливальні рухи системи з пружними зв'язками, що передаються безпосередньо тілу людини або окремим його частинам та несприятливо діють на організм. Вібрацією супроводжується робота рухомих і стаціонарних механізмів та агрегатів, в основу дії яких покладений обертальний або зворотно-поступальний рух.

*Джерелами локальної вібрації* є електричні або пневматичні ручні механізовані машини ударної, ударно-обертальної та обертальної дії. До машин ударної дії належать відбійні, клепальні, рубальні молотки; до машин ударно-обертальної дії – пневмо- і електроперфоратори; до машин обертальної дії – електро- і бензомоторні

пилки, шліфувальні та свердлильні машини. Локальна вібрація може передаватися під час шліфувальних, точильних, наждакових, полірувальних робіт, контакту з органами ручного керування машин і устаткування.

Класифікація вібрації:

- за способом передачі на організм людини (загальна, локальна);
- за часом (постійні, непостійні – коливні, переривчасті, імпульсні).

Загальна вібрація за джерелом виникнення буває транспортна, транспортно-технологічна і технологічна.

Джерела загальної та локальної вібрації на підприємствах міського електричного транспорту.

Характеристики вібрації: частота, амплітудою зсуву, віброшвидкість, віброприскорення.

Для синусоїдальних коливань швидкість та прискорення визначаються за формулами:

$$V = 2\pi \cdot f \cdot A; \quad w = (2\pi \cdot f)^2 \cdot A.$$

За нульовий рівень коливальної швидкості приймають величину  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с, що відповідає середньоквадратичній коливальній швидкості при стандартному порозі звукового тиску, що дорівнює  $2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>. За нульовий рівень коливального прискорення приймають значення  $3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>.

Логарифмічні рівні віброшвидкості та віброприскорення (в дБ) визначаються за формулами:

$$L_V = 20 \lg \frac{V}{5 \cdot 10^{-8}} \text{ дБ}; \quad L_w = 20 \lg \frac{w}{3 \cdot 10^{-4}} \text{ дБ}.$$

Зміни в організмі, які виникають від впливу вібрації, пов'язані з енергією коливання, що пропорційна коливальній швидкості.

Величина коливальної енергії  $Q$ , що поглинена тілом людини, прямо пропорційна площі контакту  $S$  (м<sup>2</sup>), часу впливу  $T$  (с) та інтенсивності подразника  $I$  (кгм/м<sup>2</sup>·с):

$$Q = I \cdot S \cdot T.$$

Механічний імпеданс (реактивний опір живої тканини перемінному струму) визначається як відношення коливальної сили до результуючої коливальної швидкості в точці прикладення цієї сили. Коливальна швидкість, яка дорівнює  $10^{-4}$  м/с, сприймається людиною як поріг сприйняття; при швидкості 1 м/с виникає больове відчуття.

Особливості впливу виробничої вібрації визначаються частотним спектром і розподілом у його межах максимальних рівнів енергії коливання.

Гігієнічна оцінка загальної вібрації проводиться в діапазоні частот від 0,8 до 80 Гц, локальної – від 8 до 1000 Гц. За частотним спектром вібрації поділяють на низькочастотні – 8-16 Гц, середньочастотні – 31,5-63 Гц, високочастотні – 125, 250, 500 і 1000 Гц для локальних вібрацій; для вібрації робочих місць – відповідно 0,8-6,3; 8-25; 31,5-80 Гц.

За напрямком дії загальну та локальну вібрацію характеризують з урахуванням осей ортогональної системи координат (X, Y, Z). Для загальної вібрації: у вертикальному напрямку – вісь  $Z_z$ , горизонтальному поздовжньому (спина-груди) – вісь  $X_3$  та



горизонтальному поперечному напрямку (плече-плече) – вісь  $Y_3$ . Для локальної вібрації: паралельно осі місця захвату джерела вібрації – вісь  $X_{л}$ , паралельно передпліччю –  $Z_{л}$  та перпендикулярно до осей  $X_{л}$  і  $Z_{л}$  – вісь  $Y_{л}$ .

Дія на організм. Резонансні явища в організмі під дією вібрації. Вібраційна хвороба.

*Методи оцінки вібрації.* Показники вібраційного навантаження на оператора формуються з наступних параметрів: віброприскорення (віброшвидкість), діапазон частот, час впливу вібрації.

Кореговане по частоті значення контрольованого параметра ( $\tilde{U}$ ) чи його логарифмічний рівень ( $L_{\tilde{U}}$ ), визначаються по формулах:

$$\tilde{U} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i \cdot K_i)^2} ;$$

$$L_{\tilde{U}} = 10 \lg \sum 10^{0,1(L_{U_i} + L_{K_i})} ;$$

де  $U_i$  і  $L_{U_i}$  – середнє квадратичне значення контрольованого параметра вібрації (віброшвидкості чи віброприскорення) і його логарифмічний рівень в  $i$ -й частотній смузі;

$n$  – число частотних смуг у нормованому діапазоні;

$K_i$  і  $L_{K_i}$  – вагові коефіцієнти для  $i$ -й частотної смуги для середнього квадратичного значення контрольованого параметра чи його логарифмічного рівня. Вагові коефіцієнти визначаються відповідно до додатка ГОСТ 12.1.012-90 у залежності від середньгеометричних частотних смуг (Гц) і напрямку координатних осей: X, Y, Z.

Доза вібрації ( $D$ ) визначається по формулі:

$$D = \int_0^T \tilde{U}^m(t) dt ,$$

де  $\tilde{U}(t)$  – кореговане по частоті значення контрольованого параметра в момент часу  $t$ ,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$  чи  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$T$  – час впливу вібрації, с;

$m$  – показник еквівалентності фізіологічного впливу вібрації, встановлений санітарними нормами.

Еквівалентне кореговане значення ( $U_{екв}$ ) визначається по формулі:

$$U_{екв} = m \sqrt{\frac{D}{T}} .$$

Норми вібраційного навантаження на оператора при постійній та непостійній вібрації. Вимоги проведення вимірів вібрації.

*Метрологічне забезпечення.* Складові вібровимірювальної системи. Прилади НВА-1, ІШВ-1.

## 2.7 Оцінка електромагнітного випромінювання

Основні параметри електромагнітних коливань: довжина хвилі, частота коливань і швидкість поширення, що зв'язані співвідношенням:

$$\lambda = \frac{c}{f \sqrt{\varepsilon' \cdot \mu'}}$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – швидкість поширення світла у вакуумі і практично у повітрі;  $f$  – частота коливань;  $\varepsilon'$  – діелектрична і  $\mu'$  – магнітна проникність у повітрі, що рівні 1.

Електромагнітне поле характеризується сукупністю електричного і нерозривно з ним зв'язаного магнітного полів. У зоні випромінювання електричне і магнітне поле математично зв'язані між собою співвідношенням:

$$E = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \cdot H = 377 \cdot H ,$$

де  $\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 377 \text{ Ом}$ ; 377 – число, що характеризує хвильовий опір вільного простору;  $H$  – магнітна складова поля;  $E$  – електрична складова поля;  $\varepsilon_0$  – діелектрична і  $\mu_0$  – магнітна проникність.

Електромагнітний спектр від інфранизьких до надвисоких частот умовно поділяється на діапазони за частотою коливань або довжиною хвилі.

Таблиця 2 - Спектр електромагнітних коливань від інфранизьких до надвисоких частот

Діапазон частот	Діапазон хвиль	Частота коливань	Довжина хвилі
Низькі частоти (НЧ)	Інфранизькі	0,003 – 0,3 Гц	$10^7 - 10^6$ км
	Низькі	0,03 – 3,0 Гц	$10^6 - 10^4$ км
	Промислові	3 Гц – 300 Гц	$10^4 - 10^2$ км
	Звукові	300 Гц – 30 кГц	$10^2 - 10$ км
Високі частоти (ВЧ)	Довгі	30 – 300 кГц	10 – 1 км
	Середні	300 кГц – 3 МГц	1 км – 100 м
	Короткі	3 – 30 МГц	100 – 10 м
Ультрависокі частоти (УВЧ)	Ультракороткі	30 – 300 МГц	10 – 1 м
Надвисокі частоти (НВЧ)	Дециметрові	300 МГц – 3 ГГц	100 – 10 см
	Сантиметрові	3 – 30 ГГц	10 – 1 см
	Міліметрові	30 – 300 ГГц	10 – 1 мм

Три зони електромагнітного поля навколо джерела випромінювання:

$$R < \frac{\lambda}{2\pi} - \text{ближня зона};$$

$$\frac{\lambda}{2\pi} < R < 2\pi\lambda - \text{проміжна зона};$$

$$R > 2\pi\lambda - \text{далека зона}.$$

Напруженість електричного поля вимірюється у вольтах на метр (В/м), а напруженість магнітного поля – в амперах на метр (А/м).

Електромагнітні поля в міру видалення від джерела випромінювання швидко слабшають (загасають).

У хвильовій зоні інтенсивність поля оцінюється величиною щільності потоку енергії, тобто кількістю енергії, що падає на одиницю поверхні. У цьому випадку щільність потоку енергії виражається у ватах на 1 м<sup>2</sup> (Вт/м<sup>2</sup>). Щільність потоку енергії можна оцінювати на різних відстанях від джерела, знаючи величину випромінюваної потужності:

$$P = \frac{W}{4\pi R^2},$$

де  $W$  – випромінювана потужність.

При спрямованому випромінюванні цю величину слід помножити на коефіцієнт спрямованої дії, обумовлений параметрами випромінювача.

### ***Нормування електромагнітного випромінювання***

- Постійні магнітні поля, а також змінні ЕМП на частоті 50 Гц нормуються за магнітною ( $H$ ) та електричною ( $E$ ) складовими ЕМП. Одиницею напруженості магнітного поля є ампер на метр (А/м), електричного поля - вольт на метр (В/м).
- Електромагнітні поля частотою 1 кГц - 300 МГц нормуються за інтенсивністю та енергетичними навантаженнями електричних та магнітних полів, ураховуючи час впливу.

Для сферичних хвиль при поширенні в повітрі інтенсивність може бути виражена як

$$I = \frac{P_{дж}}{4\pi r^2} \text{ Вт/м}^2,$$

де  $I$  – інтенсивність електромагнітного випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>;

$P_{дж}$  – потужність джерела випромінювання, Вт;

$r$  – відстань від джерела, м.

Енергетичне навантаження є добуток квадрата потужності ЕМП і часу його впливу, визначається для електричного поля та для магнітного поля як

$$EH_H = (E_H)^2 \cdot T;$$

$$EH_H = (H_H)^2 \cdot T;$$

де  $E_H$ ,  $H_H$  – нормативне значення напруженості, В/м та А/м;

$T$  – тривалість дії на протязі робочого дня, год.

- Електромагнітне поле в діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц нормується за інтенсивністю та енергетичним навантаженням щільності потоку енергії (ЩПЕ),  $W$ , Вт/м<sup>2</sup>, що визначається як добуток ЩПЕ падаючого випромінювання і часу його впливу протягом робочої зміни в годинах, (Вт·год/ м<sup>2</sup>).

### ***Граничнодопустимі рівні електромагнітних полів***

- Рівні постійних магнітних полів протягом робочого дня не повинні перевищувати 8 кА/м.
- ГДР електричних полів частотою 50 Гц визначаються залежно від часу дії цього фактора на організм людини за робочу зміну. Перебування в електричному полі напруженістю до 5 кВ/м включно допускається протягом 8 годин робочого дня.

При рівнях напруженості електричного поля від 5 до 20 кВ/м включно допустимий час перебування в ньому вираховується за формулою

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$

$T$  - допустимий час перебування в електричному полі при відповідному рівні напруженості, год;

$E$  - напруженість електричного поля у контрольованій зоні, кВ/м.

При напруженості електричного поля від 20 до 25 кВ/м час перебування персоналу в електричному полі не повинен перевищувати 10 хвилин.

Перебувати в електричному полі напруженістю понад 25 кВ/м без застосування засобів захисту забороняється.

- Рівні напруженості магнітного поля частотою 50 Гц при постійному впливі не повинні перевищувати 1,4 кА/м протягом робочого дня (8 год).
- Час перебування людини в магнітному полі напруженістю понад 1,4 кА/м регламентується ДСанПіН “Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів” № 476-02
- ГДР електромагнітних полів у діапазоні частот 1 кГц - 300 МГц на робочих місцях персоналу слід визначати, виходячи з допустимого енергетичного навантаження та часу впливу, за формулами

$$E_{гд} = \sqrt{\frac{EH_{гд}}{T}} \quad H_{гд} = \sqrt{\frac{EH_{гд}}{T}}$$

де  $E_{гд}$  та  $H_{гд}$  - граничнодопустимі значення напруженості електричного (В/м) та магнітного (А/м) полів;

$T$  - час впливу, год;

$EH_{гд}$  та  $EH_{гд}$  - граничнодопустимі значення енергетичного навантаження протягом робочого дня, (В/м)<sup>2</sup>·год та (А/м)<sup>2</sup>·год.

- Граничнодопустимі величини ЕМП у діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц слід визначати за формулою:

$$W_{гд} = K \frac{EH_{гд}}{T}$$

де  $W_{гд}$  - граничнодопустима величина щільності потоку енергії, Вт/кв. м

$EH_{гд}$  - граничнодопустима величина енергетичного навантаження, становить 2 Вт · год/кв. м;

$K$  - коефіцієнт ослаблення біологічної ефективності дорівнює:

1 - для всіх випадків впливу, виключаючи опромінення від антен, що обертаються і сканують;

10 - для випадків опромінення від антен, що обертаються і сканують, з частотою не більше 1 Гц і шпаруватістю не менше 50;

$T$  - час перебування в зоні опромінювання за робочу зміну, год.

Контроль за рівнем напруженості електричного поля промислової частоти Напруженість ЕП на робочих місцях повинна проводитися:

- при прийманні в експлуатацію нових електроустановок;
- при організації нових робочих місць;
- при зміні конструкції електроустановок і стаціонарних засобів захисту від ЕП;
- при застосуванні нових схем комутації;

- у порядку поточного санітарного нагляду - 1 раз у два роки.

Напруженість ЕП повинна вимірюватися в зоні знаходження людини при виконанні нею роботи.

У всіх випадках повинна вимірятися напруженість неспотвореного ЕП.

При виконанні робіт без підйому на конструкції або устаткування вимірювання напруженості ЕП здійснюється:

- при відсутності захисних засобів - на висоті 1,8 м від поверхні землі;
- при наявності колективних засобів захисту - на висоті 0,5; 1,0 і 1,8 м від поверхні землі.

При виконанні робіт з підйомом на конструкції або устаткування (незалежно від наявності засобів захисту) - на висоті 0,5; 1,0 і 1,8 м від площадки робочого місця й на відстані 0,5 м від заземлених струмоведучих частин устаткування.

### ***Контроль за рівнем напруженості електромагнітного поля***

- Для вимірів у діапазоні частот 60 кГц - 300 МГц слід використовувати прилади, призначені для визначення середнього квадратичного значення напруженості електричного й магнітної складового поля з похибкою  $\leq 30\%$ .
- Для вимірів у діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц слід використовувати прилади, призначені для визначення середніх значень щільності потоку енергії, з похибкою  $\leq 40\%$  у діапазоні частот 300 МГц - 2 ГГц і  $\leq 30\%$  у діапазоні частот понад 2 ГГц.
- Виміри необхідно виконувати при найбільшій використовуваній потужності джерела ЕМП. Допускається проведення вимірів в антенних полях передавальних радіотехнічних об'єктів при неповній випромінюваній потужності з наступним перерахуванням результатів на умови максимального випромінювання.
- Виміри ЕМП на робочих місцях проводять на відстанях від джерел ЕМП, що відповідають знаходженню тіла працюючих, на декількох рівнях від поверхні підлоги або землі з визначенням максимального значення напруженості або щільності потоку енергії ЕМП для кожного робочого місця. У кожній точці проводять не менш 3-х вимірів. Найбільше із зареєстрованих значень заносять до протоколу.
- Особа, що проводить виміри, не повинна перебувати між джерелом випромінювання й вимірювальною антеною.

### ***Загальні вимоги до проведення вимірювань рівнів електромагнітного випромінювання***

- Оцінка рівнів дії постійних магнітних полів, а також змінних ЕМП у діапазонах частот 50 Гц, 1 кГц - 300 МГц здійснюється шляхом вимірювання напруженості електричної і магнітної складових ЕМП, у діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц - шляхом вимірювання щільності потоку енергії з урахуванням часу перебування персоналу в зоні опромінювання.
- Якщо установка має декілька робочих режимів, що відрізняються параметрами генерації, видом і розміщенням робочих елементів або випромінювальних систем та ін., вимірювання проводиться в кожному режимі при максимально використаній потужності.

- Якщо на робочому місці працюючого можливе опромінювання від декількох установок, що працюють одночасно, інтенсивність його має бути оцінена для кожного з вимірюваних джерел.
- У разі використання приладів, які потребують урахування поляризації випромінювання, сумарна інтенсивність опромінювання визначається таким чином:
  - у діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц вимірюється щільність потоку енергії, яка створюється в даній точці кожним джерелом окремо, отримані результати підсумовуються;
  - у діапазоні частот < 300 МГц проводяться вимірювання напруженості поля від кожного джерела окремо при відключених інших.

#### ***Визначення сумарної інтенсивності опромінення***

- Сумарна інтенсивність опромінювання в кожній вимірюваній точці в разі наявності джерел, які працюють у частотних діапазонах, що мають однакові ГДР, розраховують за формулами

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2} \quad H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 + \dots + H_n^2} \quad W = W_1 + W_2 + \dots + W_n$$

- У разі наявності джерел, які працюють у частотних діапазонах, для яких установлені різні ГДР, необхідно дотримуватись таких вимог:

$$\frac{E_1^2}{ГДР_1^2} + \frac{E_2^2}{ГДР_2^2} + \dots + \frac{E_n^2}{ГДР_n^2} + \frac{H_1^2}{ГДР_1^2} + \frac{H_2^2}{ГДР_2^2} + \dots + \frac{H_n^2}{ГДР_n^2} + \frac{W_1}{ГДР_1} + \frac{W_2}{ГДР_2} + \dots + \frac{W_n}{ГДР_n} \leq 1$$

де  $E$  і  $H$  - виміряні значення напруженості електричного і магнітного полів;

$W$  - виміряні значення щільності потоку енергії полів;

ГДР - граничнодопустимі рівні відповідних частотних діапазонів.

Апаратура, яка використовується для санітарно-гігієнічних досліджень рівнів ЕМП повинна мати свідоцтво про метрологічну перевірку

Вимірювання випромінювання електричного поля промислової частоти рекомендується здійснювати приладом типу NFM-1. Також використовуються вимірювач напруженості полів промислової частоти ПЗ-50В, комплект приладів ІЭП-04 та ИМП-04 для вимірювання напруженості змінного електричного та магнітного полів та ін.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Метрологическое обеспечение безопасности труда: Справочник в 2 т. / Под ред. И.Х. Сологана. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
2. Справочник по гигиене труда / Под ред. Б.Д. Карпова, В.Е. Ковшило. – Л.: Медицина, 1979. – 448 с.
3. Гігієна праці: Навч. посібник / За ред. О.П. Яворовського, І.І. Солдака. – К.: Медицина, 2004. – 144 с.
4. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. – Львів, 2002. – 320 с.
5. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли. – М.: Химия, 1978. – 208 с.
6. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Справ. изд. / С.И. Муравьева, М.И. Буковский, Е.К. Прохорова. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
7. Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований. – Харьков: Вища школа, 1983. – 224 с.
8. Основи охорони праці: Підручник / За ред. К.Н. Ткачука. - К., "Основа", 2003.
9. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
10. ДБН В.2.5.-28-2006. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Естественное и искусственное освещение.
11. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
12. ГОСТ 12.0.003-74\*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
13. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
14. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».
15. ГОСТ 12.1.016-79. ССБТ. «Воздух рабочей зоны. Требования к методам измерения концентрации вредных веществ».
16. ДСТУ 2325-93 “Шум. Терміни та визначення”.
17. ДСТУ 2867-94 “Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги”.
18. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».
19. ГОСТ 12.1.050-86. ССБТ. «Методы измерения шума на рабочих местах».
20. ГОСТ 12.1.001-89. ССБТ. «Ультразвук. Общие требования безопасности».
21. ГОСТ 12.4.077-79. ССБТ. «Ультразвук. Метод измерения звукового давления на рабочих местах».
22. ДСТУ 2300-93. Вібрація. Терміни та визначення”.
23. ДСН 3.3.6.039-99 “Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”.
24. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования».
25. ГОСТ 12.1.034-81. ССБТ. «Вибрация. Общие требования к проведению измерений».
26. ГОСТ 12.1.042-84. ССБТ. «Вибрация. Методы измерения на рабочих местах».
27. ГОСТ 12.1.043-84. ССБТ. «Вибрация. Методы измерения на рабочих местах в производственных помещениях».
28. ГОСТ 12.4.012-83. ССБТ. «Вибрация. Средства измерений и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования».
29. ДСанПіН “Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань” № 239-96
30. ДСанПіН “Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів” № 476-02
31. ГОСТ 12.1.002-84\* ССБТ “Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах ”
32. ГОСТ 12.1.006-84\* ССБТ “Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля ”.

*Навчальне видання*

**Данова Карина Валеріївна**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни

**“МЕТОДИ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА  
ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ”**

(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»  
спеціальності «Охорона праці на електричному транспорті»)

*За авторською редакцією*

*Комп'ютерне верстання Н. В. Зражевська*

План 2012, поз. 82Л

---

Підп. до друку 06.09.12	Формат 60x84 /1/16
Друк на ризографі	Ум.-друк. арк. 2,0
Тираж 50 пр.	Зам. №

---

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.